

У-2d / 40Н / Уст. пост. в СССР-1987 в XX томах, Uzina constructors de utilay Patroller "IMai" Ploiesti. – 1987. – Т. VIII. – 397 с.

9. Отчет по научно-исследовательской, опытно-конструкторской работе по теме № 462.3-76 "Исследование развития буровых вышек для морского бурения", этап 3.1. № госрегистрации 76050448. – Свердловск: НИИтяжмаш, 1977. – 95 с.

10. Полячек Д.Н. К расчету буровых вышек на ветровую нагрузку (в порядке обсуждения) // Машины и нефтяное оборудование. – 1970. – №7. – С. 11-14.

11. Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Методика определения расчетных скоростей ветра // Метеорология и гидрогеология. – 1958. –

№ 10. – С. 21-24.

Згідно з законом України "Про охорону праці" [1] одним з головних принципів державної політики в галузі охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників відносно результатів виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних умов праці. Тому заходи з підвищення рівня охорони (безпеки) праці стають першочерговими в загальній системі управління підприємствами будь-якої форми власності. Більше того, загальновизнано, що безпека життєдіяльності у виробничих умовах стає однією із важливих умов гарантованого успіху економічного розвитку держави.

Становище у сфері охорони праці, що

УДК 331.46+331.472

## ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ ЗАПОБІГАННЯ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ ТА ПРОФЗАХВОРЮВАНЬ У НАФТОГАЗОВІЙ ГАЛУЗІ

Я.М.Семчук, Й.І.Рошак, Л.І.Костельна

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42196, 42203,  
e-mail: public@ifdtung.if.ua

Проанализировано состояние производственного травматизма за последние 5 лет в пределах ОАО "Укрнефть". Разработана математическая модель структурно-параметрической оптимизации, которая отображает технические, экономические и социальные аспекты планирования системы мероприятий по охране труда.

The state of industrial injustice over the last 5 years within the United Joint Stock Company "Ukrnafta" was analyzed. The mathematical model of structural and parametrical optimization, which reflects technical, economic and social aspects of the planning of the system of measures on labour safety was worked out.

**Таблиця 1 – Розподіл кількості потерпілих від нещасних випадків на об'єктах ВАТ "Укрнафта" за різними причинами протягом 1998-2002 рр.**

Причини нещасного випадку	Роки				
	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Всього потерпілих / дні непрацездатності</b>	<b>11/740</b>	<b>8/298</b>	<b>6/184</b>	<b>9/354</b>	<b>4/263</b>
1. Порушення вимог при експлуатації транспортних засобів	-	-	-	-	1
2. Незадовільна організація виконання робіт	4	2	1	5	10
3. Незадовільний технічний стан будівель та споруд, засобів виробництва	-	-	-	3	5
4. Порушення вимог безпеки під час експлуатації машин і механізмів	-	1	-	-	-
5. Ураження електричним струмом	-	1	-	-	-
6. Падіння з висоти	3	1	-	-	-
7. Незастосування засобів індивідуального захисту	2	-	1	-	-
8. Падіння під час пересування	-	1	-	-	-
9. Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	2	2	2	1	4
Коефіцієнт важкості, Кв	67,2	37,25	30,0	86	82,7
Коефіцієнт частоти, Кч	1,63	1,30	0,93	1,38	1,09

склалося на цей час в Україні, потребує запровадження надзвичайних заходів. Це зумовлено дуже високим рівнем виробничого травматизму і профзахворювань робітників [2].

Так, в Україні на виробництві щоденно травмується в середньому 200 чоловік, з них 30 – стають інвалідами, 20 – одержують професійні захворювання, а 5 – гинуть, причому 70% загиблих – чоловіки у віці до 40 років.

Аналіз матеріалів, зібраних на нафтових підприємствах ВАТ "Укрнафта", засвідчив, що виробничий травматизм і аварійність у галузі викликають такі причини:

- організаційні — 70%;
- виробничо-технічні — 25%;
- психофізіологічні — 5%.

Загалом встановлено, що виробничий травматизм, профзахворюваність в межах акціонерного товариства зростає (табл. 1). Так, коефіцієнт важкості травматизму зріс з 67,2 (1998 р.) до 86 (2001 р.); коефіцієнт частоти травматизму — відповідно з 1,63 до 1,38.

З метою профілактики нещасних випадків та професійних захворювань кафедрою безпеки життєдіяльності розроблено методику структурно-параметричної оптимізації плану заходів з охорони праці.

Об'єктивними джерелами ( $a_{ij}$ ) травмонебезпеки у нафтогазовій галузі можуть бути:

- основне технологічне обладнання — верстати, компресори, механізми тощо ( $a_{1j}; j = 1, A$ );
- допоміжне технологічне обладнання — транспортери, стружки, кран-балки тощо ( $a_{2j}; j = 1, B$ );
- транспортне та складське обладнання — мостові та козлові крани, штабелери, електроталі, електрокари, автомобілі ( $a_{3j}; j = 1, C$ );
- мережі — електричні, пневматичні, газові, парові, гідравлічні ( $a_{4j}; j = 1, D$ );
- споруди та транспортні шляхи ( $a_{5j}; j = 1, E$ ).

Кожен з  $a_{ij}$  —  $x$  джерел характеризується певним рівнем небезпеки травматизму  $R_{ij}$ . З метою оптимального впровадження заходів щодо вдосконалення умов праці для кожного конкретного джерела слід диференціювати загальний рівень травмонебезпеки  $j$ -го джерела на складові  $R_{ijk}$ :

- рівень небезпеки  $R_{ij1}$ , що викликаний можливістю падіння предметів внаслідок нерегламентованого вивільнення вантажу, незадовільного стану споруд тощо;
- рівень небезпеки  $R_{ij2}$ , що зумовлюється можливістю механічного травмування рухомим предметом;
- рівень небезпеки  $R_{ij3}$ , що виникає внаслідок імовірності падіння людини з небезпечної висоти;

- рівень небезпеки  $R_{ij4}$ , викликаний можливістю дорожньо-транспортної пригоди;
- рівень небезпеки  $R_{ij5}$ , зумовлений імовірністю дії на робітника екстремальної температури;
- рівень небезпеки  $R_{ij6}$ , що виникає внаслідок дії відлітаючих частин матеріалу;
- рівень небезпеки  $R_{ij7}$ , викликаний імовірністю ураження робітника електрострумом;
- рівень небезпеки  $R_{ij8}$ , зумовлений можливістю дії на робітника шкідливих речовин, шуму, вібрації, випромінювань тощо.

Загальний рівень небезпеки  $a_{ij}$ -го джерела

$$R_{ij} = k_n \cdot \left( 1 - \prod_{k=1}^K (1 - R_{ijk}) \right)^{1/M}, \quad (1)$$

де:  $k_n$  — середньостатистичний коефіцієнт непрацездатності, який одночасно враховує показники частоти і важкості травматизму та визначає кількість днів непрацездатності, що припадають на 1000 робітників, які працюють при обслуговуванні  $a_{ij}$ -го джерела травмонебезпеки;

$k = 1, K$  ( $K = 8$ ) — перераховані вище причини травматизму;

$M$  — кількість робітників, що обслуговує або знаходиться в зоні функціонування даного джерела.

Заходи щодо попередження випадків травматизму ( $b_{mn}$ ) у виробничих підрозділах нафтогазових підприємств поділяються на: технічні ( $b_{1n}, n = 1, G$ ); організаційні ( $b_{2n}, n = 1, H$ ); санітарно-гігієнічні ( $b_{3n}, n = 1, P$ ); психофізіологічні ( $b_{4n}, n = 1, Q$ ).

Кожен ( $b_{mn}$ ) захід визначається низкою параметрів

$$b_{mn} \leq B_{1mn}; B_{2mn}; B_{3mn}; B_{4mn}, \quad (2)$$

де:  $B_{1mn}$  — загальна балансова вартість впровадження  $b_{mn}$ -го заходу;

$B_{2mn}$  — коефіцієнт ефективності  $b_{mn}$ -го заходу;

$B_{3mn}$  — коефіцієнт доцільності впровадження  $b_{mn}$ -го заходу;

$B_{4mn}$  — коефіцієнт зміни продуктивності робочого обладнання внаслідок впровадження  $b_{mn}$ -го заходу.

Балансова вартість впровадження кожного  $b_{mn}$ -го заходу загалом визначається за формулою

$$B_{1mn} = S_o + S_d + S_z + S_m + S_n + S_\phi + S_e, \quad (3)$$

де:  $S_o$  — вартість основних матеріалів, необхідних для реалізації  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_{\partial}$  – вартість допоміжних матеріалів для впровадження  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_z$  – відрахування на зарплату робітникам, які виконують монтажні та будівельні роботи для реалізації  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_m$  – витрати на процес монтування обладнання (або будівництва)  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_n$  – витрати на проектно-дослідні роботи для реалізації  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_{\phi}$  – витрати на функціонування обладнання, що передбачається запровадити в ході реалізації  $b_{mn}$ -го заходу;

$S_e$  – економічний ефект або втрати, отримані внаслідок зміни продуктивності технологічного обладнання цеху, викликані його простояванням під час монтажу та зміною інтенсивності експлуатації в результаті впровадження  $b_{mn}$ -го заходу,

$$S_e = \sum_{j=1}^A \sum_{n=1}^G \left( C_j \cdot \left( 1 + \frac{T_1 + T_2}{T_3} \right) \cdot K_n \cdot \alpha_j \right), \quad (4)$$

де:  $C_j$  – середньостатистична технологічна собівартість продукції на  $j$ -й моделі основного технологічного обладнання ( $j$ -му джерелі травмувань);

$K_n$  – коефіцієнт, що враховує підвищення ( $K_n < 1$ ) або зниження ( $K_n > 1$ ) продуктивності  $j$ -го основного технологічного обладнання внаслідок впровадження обладнання та систем, передбачених  $b_{mn}$ -м заходом;

$\alpha_j$  – коефіцієнт: якщо  $\alpha_j = 1$ , передбачається впровадження  $n$ -го заходу на  $j$ -му обладнанні,  $\alpha_j = 0$  – у протилежному випадку;

$T_1, T_2$  – відповідно несуміщений час на монтаж та технологічне обслуговування систем і заходів, що передбачаються в процесі реалізації  $b_{ln}$ -го технологічного заходу для попередження випадків виробничого травматизму;

$T_3$  – середньостатистичний штучний час виготовлення продукції на  $j$ -му основному технологічному обладнанні ( $j = 1, A$ ).

Для визначення коефіцієнтів ефективності технічних заходів  $B_{2mnj}$  слід провести статистичні дослідження впливу кожного  $b_{mnj}$ -го заходу на стан травмонебезпеки протягом останніх  $T$  років ( $t = 1, T$ ). Для цього встановлюється значення фактичного коефіцієнта непрацездатності  $K_{Ht}$  в кожному  $t$ -му році ретроспективи і аналізуються причини травматизму. Приймаються значення бульової змінної:  $\varphi_{vn} = 1$ , якщо причина травмування  $n$ -го випадку виробничого травматизму була б усунута внаслідок своєчасного впровадження  $n$ -го заходу,  $\varphi_{vn} = 0$  – у протилежному випадку.

Тоді значення коефіцієнта ефективності

$$B_{mn2j} = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{v=1}^V \left( \frac{D_{vt} \cdot 1000}{G_t} \right) \cdot \varphi_{vn}}{\sum_{t=1}^T G_t}, \quad (5)$$

де:  $D_{vt}$  – кількість робочих днів, втрачених по непрацездатності в результаті  $v$ -го випадку травматизму в  $t$ -му році ретроспективи;

$G_t$  – середньоспискова кількість працюючих в  $j$ -му році ретроспективи.

Коефіцієнт доцільності запровадження кожного  $b_{nj}$ -го заходу з охорони праці для кожного  $j$ -го джерела виробничого травматизму зумовлений можливістю практичної реалізації цього заходу з технологічної та конструкторської точки зору. Крім того, при встановленні доцільності даного заходу повинні враховуватись досвід та технічні можливості цехових і заводських служб щодо впровадження та експлуатації обладнання, що передбачено реалізацією  $b_{nj}$ -го заходу.

Розрахунковий коефіцієнт доцільності впровадження  $b_{nj}$ -го заходу для  $j$ -го джерела травмонебезпеки визначається за формулою

$$B_{mn3j}^{розп} = k_{TPnj} \cdot k_{KPnj} \cdot k_{TCnj} \cdot k_{ECnj} \cdot k_{HNj} \cdot \alpha_{jn}, \quad (6)$$

де:  $k_{TPnj}, k_{KPnj}$  – коефіцієнти, що визначають можливість технологічної та конструкторської реалізації  $n$ -го заходу на  $j$ -му джерелі травмувань на підприємстві, відповідно ( $k_{TPnj} = 1, k_{KPnj} = 1$  – у випадку можливості реалізації;  $k_{TPnj} = 0, k_{KPnj} = 0$  – у протилежному випадку);

$k_{TCnj}, k_{ECnj}$  – коефіцієнти технічної та експлуатаційної спадковості впровадження  $n$ -го заходу на  $j$ -му джерелі травматизму ( $k_{CPnj} = 1, k_{ECnj} = 1$  за наявності досвіду та можливостей забезпечення впровадження та експлуатації обладнання, передбачених  $n$ -м заходом для  $j$ -го джерела травматизму, відповідно ( $k_{CPnj} < 1, k_{ECnj} < 1$  – у протилежному випадку);

$k_{KHnj}$  – коефіцієнт, що визначає наявність аналогічних систем, обладнання та засобів функціонування на  $j$ -му джерелі травматизму, що передбачається умовами впровадження  $n$ -го заходу ( $k_{KHnj} = 1$  за умови відсутності аналогічного обладнання на  $j$ -му джерелі травматизму;  $k_{KHnj} = 0$  – у протилежному випадку).

Коефіцієнт зміни продуктивності роботи  $j$ -го обладнання  $B_{4mnj}$  враховує зменшення або підвищення продуктивності внаслідок застосування обладнання, заходів або систем, передбачених в процесі реалізації  $b$ -го заходу. Причому  $B_{4mnj} = 1$  при відсутності впливу  $b_{mn}$ -го захо-

ду на продуктивність роботи  $j$ -го джерела травмонебезпеки;  $B_{4mnj} > 1$  – при зменшенні його продуктивності;  $B_{4mnj} < 1$  – при збільшенні продуктивності.

Математична модель комплексної структурно-параметричної оптимізації повинна відображати технічні, економічні та соціальні аспекти планування системи заходів з охорони праці. Як критерій оптимізації слід використати функцію мінімізації інтегрального показника травмонебезпеки 1-го виробничого підрозділу підприємства:  $R_1 \rightarrow \min$ . Обмеження та умови математичної моделі повинні відображати можливість технічної та економічної реалізації плану за умови досягнення найбільшого ефекту від впровадження системи заходів  $\{b_{mn}\}$  для умов конкретної виробничої структури, що містить  $\{a_{ij}\}$  об'єктивних джерел травматизму.

Загалом математична модель описується в такому вигляді:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T (R_{ijk} \cdot B_{mn2jk} \times r_{1ijkn} \cdot r_{2ijkn} \cdot r_{3ijkn} \cdot r_{4ij} \cdot \alpha_{ij}) \rightarrow \min; \quad (a)$$

$$S_0 = S_g + S_z + S_m + S_n + S_\phi + S_e \leq [S], \quad (б)$$

$$\begin{cases} \prod_{k=1}^K B_{mn2j} \leq 1; \alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n = \overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \\ \forall j = \overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{cases} \quad (в)$$

$$\begin{cases} \wedge_{m=1}^M B_{mn2j} \leq 1; \alpha_{jn} \neq 0; \\ \forall n = \overline{1, T}; (T = G + H + P + Q); \\ \forall j = \overline{1, F}; (F = A + B + C + D + E); \end{cases} \quad (г)$$

$$\begin{cases} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^T T_{obj} \cdot B_{mn4j} \cdot \alpha_{jn} \leq \frac{60 \cdot F_\partial \cdot \eta_j}{N}; \\ \forall j = \overline{1, A}. \end{cases} \quad (д)$$

Функція мети (а) являє собою критерій мінімуму інтегрального показника травмонебезпеки обладнання та споруд цілого виробничого підрозділу. Обмеження (б) – (д) складають такі вимоги:

(б) – економічні витрати на впровадження кожного  $p$ -го заходу  $t$ -го виду не повинні перевищувати наперед задану граничну суму витрат  $[S]$ ;

(в) – ефективність всіх заходів повинна бути позитивна, тобто запровадження кожного  $n$ -го заходу  $j$ -го виду для кожного  $j$ -го джерела травматизму повинно забезпечувати зменшення інтегрального рівня травмонебезпеки;

(г) – всі запропоновані заходи повинні бути доцільними для відповідного  $j$ -го джерела травмонебезпеки з можливістю конструкторської та технологічної реалізації плану і з врахуванням його технічної і експлуатаційної спадковості;

(д) – величина середньостатистичного штучного часу виконання технологічної операції на кожному  $j$ -му обладнанні ( $j = \overline{1, A}$ ), змінена внаслідок впровадження обладнання та систем його функціонування, передбачених реалізацією  $n$ -го заходу  $m$ -го виду, не повинна перевищувати факт випуску продукції ( $F_\partial$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання);  $\eta_j$  – нормативний коефіцієнт завантаження  $j$ -го джерела травматизму;  $N$  – річна програма випуску деталей.

Наведена вище математична модель являє собою задачу цілочисельного нелінійного програмування з бульовими змінними. Алгоритм розв'язання цієї задачі використовує процедуру спрямованого пошуку згідно з евристичними правилами.

### Література

1. Закон України “Про охорону праці”. – 1992.
2. Семчук Я.М., Говдяк Р.М. Актуальні проблеми охорони праці у нафтогазовій галузі // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: Державний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Івано-Франківськ, 1998. – Вип. 35. – Т. 10.

Спеціалізована виставка

**ЗРАЗКИ, СТАНДАРТИ,  
ЕТАЛОНІ, ПРИЛАДИ**

**2003**

м. Київ

(26-28 листопада 2003 р.)

Тематика виставки:

- Контрольно-вимірювальні прилади та апаратура;
- Стандартизація, метрологія, стандартизація
- Державний контроль, технічна діагностика
- Вимірювальні прилади та устаткування для вимірювальних лабораторій
- Метрологічне устаткування

121